

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 10055198 A

(43) Date of publication of application: 24.02.98

(51) Int. Cl.

G10L 9/14

G10L 9/18

H03M 7/30

H03M 7/42

(21) Application number: 08227758

(71) Applicant: NEC CORP

(22) Date of filing: 09.08.96

(72) Inventor: FUNAKI KEIICHI

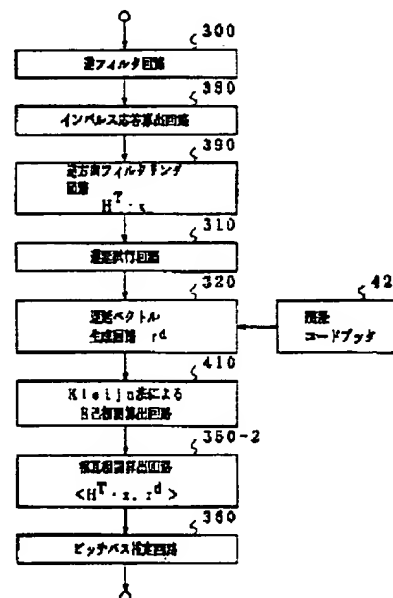
## (54) VOICE CODING DEVICE

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To precisely estimate a smooth pitch path with a low amount of arithmetic and to obtain good sound quality in the case of calculating the autocorrelation for estimating the closed loop pitch path by applying a specific sequential algorithm by using a repeatless residual for sound source and limiting to integer point delay.

**SOLUTION:** An inverted filter circuit 300 generates a residual signal by passing a hearing-feeling-weighted signal vector through an inverted filter, and an impulse response calculating circuit 380 calculates the impulse response of a composite filter. A delay trial circuit 310 changes the delay sign of an integer value by the amount of existential range of the sign; a delay vector generating circuit 320 produces the delay vector equivalent to the integer delayed value corresponding to the delay sign from the residual code book 420 which stores past residual signals; a pitch path estimating circuit 360 estimates the pitch path which smoothly changes the pitch using the auto-correlation and mutual correlation calculated by an auto-correlation calculating circuit 410 and a mutual correlation calculating circuit 350-2 by means of Kleijn method.

COPYRIGHT: (C)1998,JPO



BEST AVAILABLE COPY

特開平10-55198

(43)公開日 平成10年(1998) 2月24日

| (51)Int.Cl. <sup>6</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号  | F I          | 技術表示箇所 |
|--------------------------|------|---------|--------------|--------|
| G 1 0 L                  | 9/14 |         | G 1 0 L 9/14 | G      |
|                          | 9/18 |         |              | J      |
| H 0 3 M                  | 7/30 | 9382-5K | H 0 3 M 7/30 | E      |
|                          | 7/42 | 9382-5K |              | B      |
|                          |      |         | 7/42         |        |

審査請求 有 請求項の数 2 F D (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平8-227758

(22)出願日 平成8年(1996) 8月9日

(71)出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72)発明者 舟木 慶一

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

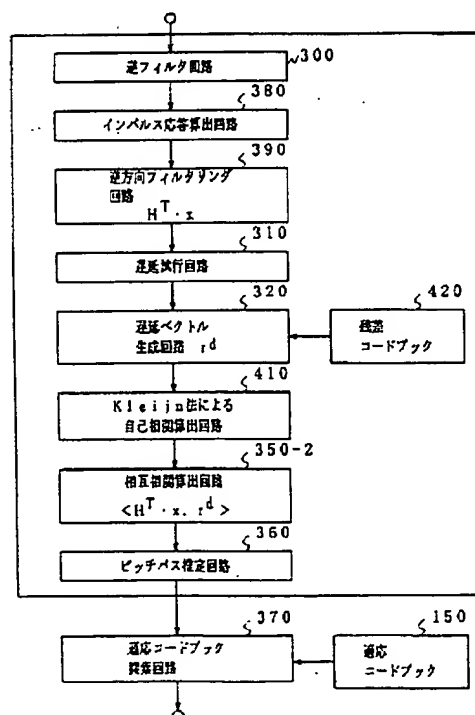
(74)代理人 弁理士 加藤 朝道

## (54)【発明の名称】 音声符号化装置

## (57)【要約】

【課題】 8～4 k b / s 程度の音声符号化方式において、長期予測におけるピッチトラッキングの効率を下げず、演算量を低減し、低クロックでも良好な符号化音を実現する音声符号化方式の提供。

【解決手段】 長期予測において、滑らかに変化するピッチパターンを推定するために、クローズドループ処理を用いて、各サブフレームにおける相互相関値、自己相関値を算出し、1フレームにわたり、各サブフレームの相関値を用いて滑らかなピッチパスを求める。自己相関の算出にあたり、Kleijn法を用いて逐次的に算出することにより、性能を落とさずに、演算量を10 MOPS以上低減する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 音声信号の一定区間毎に前記音声信号の周波数特性を表す短期予測符号を決定する音声分析部手段と、

前記短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出手段と、

前記短期予測符号を用いて前記音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ手段と、

過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブックと、

前記音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行手段と、

前記残差コードブックを用いて、前記遅延符号に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成手段と、

前記インパルス応答で前記遅延残差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出手段と、

前記音声信号と前記インパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出手段と、

前記自己相関と前記相互相関とを用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定手段と、  
を有することを特徴とする音声符号化装置。

【請求項 2】 音声信号の一定区間毎に前記音声信号の周波数特性を表す短期予測符号を決定する音声分析部と、  
前記短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出手段と、

前記短期予測符号を用いて前記音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ手段と、

過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブックと、

前記音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行手段と、

前記残差コードブックを用いて、前記遅延符号に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成手段と、

前記インパルス応答で前記遅延残差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出手段と、

前記音声信号と前記インパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出手段と、

前記自己相関と前記相互相関とを用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定手段と、

前記ピッチパス推定手段で求められた遅延符号をもとに、過去の音源信号により最適な遅延符号を決定する適応コードブック探索手段と、

前記音声信号の音源を求めて量子化する音源量子化手段と、  
を有することを特徴とする音声符号化装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、音声信号を低いビットレート、例えば  $8 \sim 4 \text{ kb/s}$  程度で高品質に符号化するための CELP (Code-Excited Linear Prediction) 方式による音声符号化方式に関し、特に、長期予測部を低演算量で高精度に推定する音声符号化方式に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、無線を媒介にして自動車電話やコードレス電話のデジタル化が急がれている。無線では使用できる周波数帯域が少ないため、音声信号を低ビットレートで符号化する方式の開発は重要である。

【0003】 音声信号を  $8 \sim 4 \text{ kb/s}$  程度の低いビットレートで符号化する方式としては、例えば、アメリカのアタルらによるアイキャスプ プロシーディング記載のコードエキサイテッド リニア プレディクション：ハイ クオリティ スピーチアット ロー ビット レーツ (M. Schroeder and B. S. Atal, "Code-excited linear prediction: High quality speech at low bit rates", ICASSP Proc., pp.937-940, 1985.) と題した論文 (以後「文献 1」という) 等に記載されている CELP (Code Excited Linear Prediction) が知られている。

【0004】 この方法においては、送信側では次の手順で符号化処理が行われる。

【0005】 先ずフレーム毎 (例えば  $20 \text{ ms}$ ) に音声信号から音声の周波数特性を表す短期予測符号を抽出する (短期予測)。次に、フレームをさらに小区間のサブフレーム (例えば  $5 \text{ ms}$ ) に分割する。サブフレーム毎に、予め用意された音声のピッチ相関を表す遅延符号の組と過去の音源信号からなる適応コードブックを用いて、最適な遅延符号を次の手順で決定する (長期予測)。

【0006】 遅延符号を、予め用意された分、変化 (試行) させ、各遅延符号に対する遅延値、すなわちピッチ周期だけ、過去の音源信号を遅延させることにより、適応コードベクトルを抽出する。

【0007】 抽出された適応コードベクトルを用いて合成信号を生成し、音声信号との誤差電力 (評価尺度) を算出する。

【0008】 算出された距離が最小になる最適遅延符号と、最適遅延符号に対応する適応コードベクトルとそのゲインを決定する (適応コードブック探索)。

【0009】 次に、予め用意された種類の音源の量子化符号である雑音信号 (音源コードブック) から抽出した音源コードベクトルによる合成信号と、長期予測の残差

信号との距離が最小になる音源コードベクトルとゲインを決定する（音源探索）。

【0010】決定された適応コードベクトルならびに音源コードベクトルの種類を表すインデックスと、各々の音源信号のゲイン、ならびにスペクトルパラメータの種類を表すインデックスをマルチプレクスして伝送する。

【0011】従来のCELP方式のブロック図を図5に示す。図5を参照して、符号化処理側は、入力端子100から入力された音声信号を記憶するバッファ110、音声のスペクトルパラメータであるLPC係数を抽出する音声分析回路120、LPC係数を量子化するパラメータ量子化回路130、音声信号に対し聴感重み付けを行う重み付け回路140、適応コードブック150、ピッチ相関を表す遅延符号（適応コードベクトル）を探索する長期予測回路160-1、音源コードブック170、音源コードブックから最適な音源の量子化符号（音源コードベクトル）を決定する音源探索回路180、ゲインコードブック190、符号化列を組み合わせ出力するマルチプレкса210と、を備えている。また、復

$$E_d = \sum_{n=0}^{N_s-1} (z[n] - g_d \cdot H \cdot e_d[n])^2 \quad \dots(1)$$

【0017】ここで、 $N_s$ はサブフレーム長を、 $H$ は合成フィルタを実現する行列を、 $g_d$ は適応コードベクトル $e_d$ のゲインを表す。実際には上式(1)は、次式

$$E_d = \sum_{n=0}^{N_s-1} z[n]^2 - \frac{C_d^2}{G_d} \quad \dots(2)$$

【0019】上式(2)の分子 $C_d$ は相互相関、分母 $G_d$ は自己相関であり、それぞれ次式(3)、(4)で算出される。

$$C_d = \sum_{n=0}^{N_s-1} z[n] \cdot H \cdot e_d[n] \quad \dots(3)$$

$$G_d = \sum_{n=0}^{N_s-1} (H \cdot e_d[n])^2 \quad \dots(4)$$

【0021】ここで、 $e_d[n]$ は、過去のフレームにおける符号化処理により求められた音源信号を遅延符号 $d$ に相当する遅延値分遅延させたベクトルである。

【0022】以上のように、フィルタリング処理を用いて最適な遅延符号を求める長期予測の方法をクロズドループ処理による適応コードブック探索と呼ぶ。

【0023】CELP系の音声符号化方式の場合、音質は長期予測の予測精度に依存する。長期予測の予測精度を上げる手段としては、遅延符号を整数点から小数点に拡張する小数点遅延化が一般的に行われている。これは、例えば、アメリカのクルーンらによるアイキャスブ  
プロシーディング記載のピッチ プレディクターズウ  
ィズ ハイ テンポラル レゾリューション (P. Croon

号化処理は、符号化されたコードを符号系列にデコードする回路であるデマルチプレкса210、適応コードブック150、音源コードブック170、ゲインコードブック190、及び合成フィルタ230を備えている。

【0012】具体的な適応コードベクトルの遅延符号の探索法は次の手順で行われる。

【0013】まず、入力された音声信号 $x[n]$ に対し聴感上の重み付け、過去の影響信号の減算を行った信号 $z[n]$ を算出する。

【0014】次に、短期予測で求められ、量子化、逆量子化されたスペクトルパラメータで構成される合成フィルタ $H$ を遅延符号 $d$ に対応する適応コードベクトル $e_d[n]$ で駆動して合成信号 $H \cdot e_d[n]$ を算出する。

【0015】 $z[n]$ と $H \cdot e_d[n]$ の誤差電力（評価尺度）である、次式(1)の $E_d$ が最小になる遅延符号 $d$ を求める。

【0016】

【数1】

(2)のように展開される。

【0018】

【数2】

【0020】

【数3】

et.al., "Pitch Predictors With High Temporal Resolution", ICASSP Proc., pp.661-664, 1990.) (以下「文献2」という)が参照される。

【0024】小数点遅延化により音質がかなり向上するが、各々のサブフレーム内での最適化であるため、複数のサブフレームにわたる遅延値の変化、すなわち、ピッチパスは必ずしもスムーズにはならず、度々、大きなギャップが生じる。そして、ピッチパスにおけるギャップは、符号化音において不連続音や波形の揺らぎを引き起こし、音質劣化の原因になっている。

【0025】そこで、各サブフレーム毎に、音声信号そのものの整合であるオープンループ処理で遅延符号の候補を求め、フレーム全体で遅延値（ピッチ）が滑らかに

5

変化するようにピッチ変化経路(ピッチパス)を求める方法が提案されている。この方法は、例えば、アメリカのガーソンらによる、アイトリプルイー ジャーナル記載のテクニックス フォー インブルーピング ザ パフォーマンス オブセルブ タイプ スピーチ コーダーズ(I. A. Gerson and M. A. Jasiuk, "Techniques for Improving the Performance of CELP-Type Speech Coders", IEEE Journal on Selected Areas) (以下「文献3」という)で参照できる。

$$E = \frac{\langle x, x^d \rangle^2}{\langle x^d, x^d \rangle}$$

$$x^d[n] = x[n-d]$$

【0028】上式(5)において、 $\langle a, b \rangle$ は、ベクトルaとベクトルbとの内積を示している。

【0029】そこで、遅延ベクトルと現ベクトルのスペクトル成分を一致させ、ピッチ推定精度を向上させる方法として、クローズドループ処理によるピッチパス推定法が提案されている。この方法は、例えば特許願6-323454号、または舟木らによる平成7年春季日本音響学会講演論文集記載の"4 kb/s CELPにおけるclosed-loopピッチトラッキングを用いた適応コードブック探索法"、I-pp. 239-240, 1995. で参照できる(以下「文献4」という)。

【0030】この方法では、長期予測におけるピッチパ

$$\begin{aligned} E_d &= \sum_{n=0}^{N_s-1} (x[n] - g \cdot H \cdot r^d[n])^2 \\ &= \sum_{n=0}^{N_s-1} (H \cdot r[n] - g \cdot H \cdot r^d[n])^2 \\ &= \langle x, x \rangle - \frac{\langle x, H \cdot r^d \rangle^2}{\langle H \cdot r^d, H \cdot r^d \rangle} \end{aligned} \quad \dots(7)$$

$$r^d[n] = r[n-d] \quad \dots(8)$$

【0033】ここで、 $r[n]$ は、現サブフレームの残差信号、 $r^d[n]$ は、 $r[n]$ をd遅延させた遅延残差信号ベクトル、Hは合成フィルタ、gはゲイン、diは、遅延符号dに相当する遅延値をそれぞれ表している。

$$\begin{aligned} E &= (H \cdot r - g \cdot H \cdot r^d)^T \cdot (H \cdot r - g \cdot H \cdot r^d) \\ &= (r - g \cdot r^d)^T \cdot H^T \cdot H \cdot (r - g \cdot r^d) \end{aligned} \quad \dots(9)$$

【0036】上式(9)より、この方式では、スペクトル成分( $H^T \cdot H$ )は、各試行遅延dに対して独立になる。なお、 $H^T$ はマトリクスHの転置を表す。

【0037】また、 $(r - g \cdot r^d)$ は、スペクトルの影響が低減されたピッチ重み付け成分の差になるため、従来のオープンループ処理の音声信号と遅延音声ベクトルの整合に比べ、より精密な整合になる。したがって、

6

【0026】この方法は、次式(5)、(6)で表される、聴感重み付け信号xとその遅延ベクトル $x_d$ の相関を用いて、ピッチパスを求めている。しかし、遅延ベクトルと現ベクトル(聴感重み付け信号)のスペクトル成分は異なるため、この方法における整合はピッチ成分のみの整合にはならず、ピッチ誤推定の発生原因になっている。

【0027】

【数4】

10

... (5)

... (6)

ス推定を、次式(7)のように、過去の残差信号を遅延させて得られる遅延残差ベクトル $r^d$ に対し、短期予測符号により決定される合成フィルタHでフィルタリングするクローズドループ処理により算出される、評価尺度または相関値を用いて行う。

【0031】すなわち、上記文献1に提案されている従来法における、上式(1)に代えて、次式(7)で示される距離または相関を用いて、複数のサブフレームにわたるピッチパスを求める。

【0032】

【数5】

【0034】上式(7)は、次式(9)のようにベクトル表現できる。

【0035】

【数6】

従来のオープンループ処理によるピッチパス推定より、誤りの少ないピッチパスの推定が実現できる。さらに、残差信号を用いて、上式(7)の距離を用いることにより、上式(1)のような過去の音源を用いる距離では実現が不可能であった、上記文献3に示されるような、複数サブフレームにわたるピッチパス推定が実現可能になる。

【0038】クローズドループピッチパス推定の手順について、図6を用いて説明する。

【0039】先ず、逆フィルタを用いて残差信号を算出する(逆フィルタ回路、ステップ300)。

【0040】遅延符号を整数遅延分(例えば16から96)試行させ(ステップ310)、試行させた各遅延符号dに対し、過去の残差信号が蓄積されている残差コードブック420より、遅延符号dに相当する遅延残差ベクトル $r^d$ を生成する(ステップ320)。

【0041】次に、遅延残差ベクトル $r^d$ を用いて、フィルタリング処理により合成信号 $H \cdot r^d$ を生成する(ステップ330)。

【0042】符号化サブフレームの聴感重み付け信号 $x$ を用いて、相互相関値 $\langle x, H \cdot r^d \rangle$ (ステップ350-1)と、自己相関値 $\langle H \cdot r^d, H \cdot r^d \rangle$ を算出する(ステップ340)。

【0043】ステップ300からステップ350-1までの処理を、1フレーム内の全サブフレームに対して行い、各サブフレームで算出された距離 $E = \langle x, H \cdot r^d \rangle^2 / \langle H \cdot r^d, H \cdot r^d \rangle$ 、または相関を用いて、滑らかに変化するピッチパスを求める(ステップ360)。

【0044】ピッチパスの求め方は、上記文献3で示されているように、相関上で多相フィルタを掛け、小数点遅延上でピッチパスを探索する。

【0045】求められたピッチパスにしたがって、過去の符号化結果である過去の音源信号(適応コードブック150)を用いる。従来のクロックドループ処理による適応コードブック探索を最後に行い、各サブフレーム毎

の最適遅延符号を求める(ステップ370)。

【0046】この方法により、推定される遅延符号で表される遅延値(ピッチ)の変化が滑らかになるため音質が向上する。

【0047】しかし、フィルタリングを用いる方法では演算量が極めて多くなるため、一般的には、自己相関算出には、次式(10)で示される自己相関近似法、相互相関算出には、次式(11)で表される逆方向フィルタリングが用いられている。この近似法を用いた従来のクローズドループピッチパス推定を、図7に示す。

【0048】自己相関近似法については、例えば、アメリカのトランスコ、アタルによるアイキャスプ プロシーディング記載のエフィシエント プロセジャーズ フォーフラインディング ジ オブチマム イノベーション イン ストキャステック コーダーズ (Efficient Procedures For Finding The Optimum Innovation In Stochastic Coders, I. M. Trancoso, B. S. Atal Proc. ICASSP, 2375-2378, 1986.)

(以下「文献5」という)等が参照される。

【0049】逆方向フィルタリングについては、例えば、カナダのアドールらによる、アイキャスプ プロシーディング記載のファースト セルブ コーディング ベースド オン アルジェブリック コーズ (J. P. Adoul, et.al., "Fast CELP coding based on algebraic codes", Proc. ICASSP, pp.1957-1960, 1987.) (以下「文献6」という)等が参照できる。

【0050】

【数7】

$$G_d = R_H[0] \cdot R_{rd}[0] + 2 \sum_{i=1}^{N_{im}/2} R_H[i] \cdot R_{rd}[i] \quad \dots(10)$$

$$C_d = \langle x, H \cdot r^d \rangle = \langle H^T \cdot x, r^d \rangle \quad \dots(11)$$

【0051】なお、 $H^T$ のTは転置を表す。

【0052】ここで、 $R_H[i]$ は、合成フィルタリングHのインパルス応答のi次の自己相関関数、 $R_{rd}[i]$ は遅延dの遅延予測残差ベクトル $r^d$ のi次の自己相関関数を表す。 $N_{im}$ はHのインパルス応答長を表し、一般的に $N_{im} = 21$ 程度とされている。

【0053】

【発明が解決しようとする課題】上記文献4に示されているクローズドループ処理による探索は、自己相関近似法を用いても、遅延ベクトル $r^d$ が遅延符号d毎に変化するため、 $R_{rd}[i]$  ( $i = 0, 1, 2, \dots, N_{im}$ )の算出に多大な演算量を要する、という問題点を有している。この場合、 $N_{im}$ の次数を下げることにより、演算量は低減されるが、性能は落ちる。

【0054】したがって、本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであって、その目的は、長期予測におい

て、低演算量で、より滑らかなピッチパスを高精度に推定し、低ビットレートでも良好な音質を得るようにした音声符号化方式を提供することにある。

【0055】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するため、本発明に係る音声符号化装置は、音声信号の一定区間毎に前記音声信号の周波数特性を表す短期予測符号を決定する音声分析部と、前記短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出部と、前記短期予測符号を用いて前記音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ部と、過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブックと、前記音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行部と、前記残差コードブックを用いて、前記遅延符号に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成部と、前記インパルス応答で前記遅延残

差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出部と、前記音声信号と前記インパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出部と、前記自己相関と前記相互相関を用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定部、から構成される。

【0056】また、本発明に係る音声符号化装置は、音声信号の一定区間毎に前記音声信号の周波数特性を表す短期予測符号を決定する音声分析部と、前記短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出部と、前記短期予測符号を用いて前記音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ部と、過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブックと、前記音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行部と、前記残差コードブックを用いて、前記遅延符号に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成部と、前記インパルス応答で前記遅延残差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出部と、前記音声信号と前記インパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出部と、前記自己相関と前記相互相関を用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化

$$G_{d+1}$$

$$= G_d + 2 \cdot (r^{d+1})^T \cdot (I - I_{N-1}) \cdot H^T \cdot H \cdot S \cdot r^{d+1-2} \cdot (r^d)^T \cdot (I - I_1) \cdot H^T \cdot H \cdot I_1 \cdot r^d \\ - (r^d)^T \cdot I_1 \cdot H^T \cdot H \cdot I_1 \cdot r^d + (r^{d+1})^T \cdot (I - I_{N-1}) \cdot H^T \cdot H \cdot (I - I_{N-1}) \cdot r^{d+1} \dots (12)$$

30

【0061】ここで、 $I$ は単位行列、 $I_n$ 、 $S$ は次式のような行列を表す。

【0062】

【数9】

$$I_n = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{bmatrix}$$

【0063】しかし、Kleijn法は、音源に繰り返しあ

するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定部と、前記ピッチパス推定部で求められた遅延符号をもとに、過去の音源信号により最適な遅延符号を決定する適応コードブック探索部と、前記音声信号の音源を求めて量子化する音源量子化部と、から構成される。

【0057】本発明の原理を以下に説明する。

【0058】自己相関を算出する手段として、KleijnのFAST逐次アルゴリズムが知られている。これは、例えば、アメリカのクレインによるスピーチ コミュニケーション記載のアン エフィシエント ストキャスチカー エクサイテッド リニア プレディクティブ コーディング アルゴリズム フォー ハイ クオリティ ロー ビット レート トランスミッション オブ スピーチ (W. B. Kleijn, et.al.; "An Efficient Stochastically Excited Linear Predictive Coding Algorithm For High Quality Low Bit Rate Transmission Of Speech", Speech Communication 7, pp.305-316, 1988.) (以下、文献「7」) が参照できる。

【0059】この方法は、自己相関の初期値を算出後、次の遅延の自己相関の算出を式(12)により $2 \cdot N_{im} + 5$ 回の積和で逐次的に実現できる方法である。

【0060】

【数8】

る従来の過去の符号化音源を用いる場合や、小数点遅延に適用すると、演算量低減の効果が小さくなる。

【0064】そこで、本発明においては、過去の音源に残差を用いることにより、繰り返しを無くし、整数遅延で自己相関を算出し、相関上で小数点遅延化することにより、Kleijn法の適用を可能としたものである。

【0065】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態について説明する。本発明に係る音声符号化装置は、その好ましい実施の形態において、ピッチ相関を表す遅延符号(適応コードベクトル)を探索する回路である長期予測回路は、音声信号の一定区間毎に音声信号の周波数特性を表す短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出手段(図2の380)と、この短期予測符号を用いて音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ手段(図2の300)と、過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブック(図2の420)と、音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行手段(図2の310)と、残差コードブック(図2の420)を用いて、遅延符号

に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成手段(図2の320)と、インパルス応答で遅延残差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出手段(図2の410)と、音声信号とインパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出手段(図2の350-2)と、自己相関と相互相関を用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定手段(図2の360)と、を備えている。

【0066】また、本発明は、その好ましい実施の形態において、短期予測符号から合成フィルタのインパルス応答を計算するインパルス応答算出手段(図3の380)と、短期予測符号を用いて音声信号から残差信号を算出する逆フィルタ手段(図3の300)と、過去の音声区間における前記残差信号を蓄積する残差コードブック(図3の420)と、音声信号のピッチ相関を表す整数の遅延符号を試行させる遅延符号試行手段(図3の310)と、残差コードブックを用いて、前記遅延符号に対応する遅延残差ベクトルを生成する遅延残差ベクトル生成手段(図3の320)と、インパルス応答で遅延残差ベクトルをフィルタリングして得られる合成信号の自己相関を逐次的に算出する自己相関算出手段(図3の410)と、音声信号とインパルス応答とのフィルタリング信号と前記遅延残差ベクトルとの相互相関を算出する相互相関算出手段(図3の350-2)と、自己相関と前記相互相関を用いて、一定期間内で前記遅延符号の値が滑らかに変化するように小数点の遅延符号を求めるピッチパス推定手段(図3の360)と、ピッチパス推定手段で求められた遅延符号をもとに、過去の音源信号により最適な遅延符号を決定する適応コードブック探索手段(図3の370)と、を備えている。

【0067】

【実施例】本発明の実施例について図面を参照して以下に説明する。

【0068】

【実施例1】図1は、本発明の第1の実施例の構成を示す図である。図1(a)は符号化処理、(b)は復号化処理を表す。

【0069】図2は、図1の長期予測回路160-2を詳細に示す図である。

【0070】最初に各構成モジュールを説明する。

【0071】入力端子100は、音声入力端子である。バッファ110は、音声信号を記憶する回路である。音声分析回路120は、音声のスペクトルパラメータであるLPC係数を抽出する回路である。

【0072】パラメータ量子化回路130は、LPC係数を量子化する回路である。重み付け回路140は音声信号に対し聴感重み付けを行う回路である。

【0073】適応コードブック150は、適応コードベ

クトルが蓄えられているコードブックである。

【0074】長期予測回路160-2は、ピッチ相関を表す遅延符号(適応コードベクトル)を探索する回路である。

【0075】音源コードブック170は、音源コードベクトルが蓄えられているコードブックである。

【0076】音源探索回路180は、音源コードブックから最適な音源の量子化符号(音源コードベクトル)を決定する回路である。

10 【0077】ゲインコードブック190は、適応コードベクトルのゲイン項と音源コードベクトルのゲイン項を表すパラメータが蓄積されているコードブックである。

【0078】ゲイン探索回路200は、適応コードベクトルの量子化ゲインと音源コードブックの量子化ゲインをゲインコードブックから決定する回路である。

【0079】マルチプレクサ210は、符号化列を組み合わせて出力する回路である。

【0080】デマルチプレクサ220は、符号化されたコードを符号系列にデコードする回路である。

20 【0081】合成フィルタ230は、生成された音源と音声合成フィルタより音声信号を再生する回路である。出力端子240は音声出力端子である。

【0082】図2を参照して、逆フィルタ回路300は、現サブフレームの聴感重み付け回路の出力である聴感重み付け信号ベクトル $x$ を短期予測符号で決定される逆フィルタに通し、残差信号を生成する。

【0083】インパルス応答算出回路380は、合成フィルタ $H$ のインパルス応答を算出する。

30 【0084】逆方向フィルタリング回路390は、 $H^T \cdot x$ を算出する。

【0085】遅延試行回路310は、整数値の遅延符号を符号の存在範囲分(例えば16から96)変化させる。

【0086】残差コードブック420は、過去の残差信号が蓄えられているコードブックである。

【0087】遅延ベクトル生成回路320は、残差コードブックから遅延符号 $d$ に対応する整数遅延値に相当する遅延ベクトル $r^d$ を生成する。

40 【0088】Kleijn法による自己相関算出回路410は、上式(12)に従い、逐次的に自己相関 $G_d$ を算出する回路である。

【0089】相互相関算出回路350-2は、上式(11)の第2項により相互相関を算出する回路である。

【0090】ピッチパス推定回路360は、算出された自己相関、相互相関を用いて、ピッチが滑らかに変化するピッチパスを推定する回路である。

【0091】本実施例の処理の流れを説明する。

50 【0092】図1(a)を参照して、まず符号化処理では、入力ポート100より、音声信号が入力されバッファ110に保存される。バッファ110に蓄えられた一



定サンプリングの音声信号を用いて音声分析回路120で短期予測分析され、音声信号のスペクトル特性を表すLPC係数を算出する。LPC分析により求められたスペクトルパラメータはパラメータ量子化回路130で量子化され、LPC係数の量子化符号がマルチプレクサ210に送られると共に、逆量子化され以後の符号化処理に用いられる。

【0093】バッファ110に蓄えられた音声信号は、量子化／逆量子化されたLPC係数を用いて重み付け回路140で聴感上の重み付けがされ、以降のコードブック探索に用いられる。

【0094】適応コードブック150、音源コードブック170、ゲインコードブック190でコードブック探索が行なわれる。

【0095】まず、最初に長期予測回路160-2で長期予測を行い、ピッチ相関を表す最適遅延符号を決定し、その符号（遅延符号）をマルチプレクサ210に転送するとともに、適応コードベクトルの生成を行なう。

【0096】次に、求められた適応コードベクトルの影響を減算後、音源探索回路180で音源コードブック探索を行い、音源の量子化符号を決定し、音源コードベクトルを生成すると共に、音源の量子化符号をマルチプレクサ210に転送する。適応コードベクトルと音源コードベクトルが求められた後、ゲイン探索回路200で2つの音源のゲインを算出し、その符号をマルチプレクサ210に転送する。マルチプレクサ210では、各コードを組み合わせて伝送コードに変換し、出力する。

【0097】図1(b)を参照して、復号化処理では、デマルチプレクサで、入力された伝送符号を各符号に分解する。LPC係数を表す符号よりフィルタ係数をデコードし、合成フィルタ230に転送する。

【0098】遅延符号より適応コードブック150を用いて適応コードベクトルを生成する。

【0099】音源の量子化符号より音源コードブック170を用いて音源コードベクトルを生成する。

【0100】ゲインコードより適応コードベクトルと音源コードベクトルのゲインを算出し、各音源にゲイン項を掛け合わせて合成フィルタ230の入力信号を生成する。

【0101】最後に入力信号を用いて合成フィルタ230で音声信号の合成を行なう。

【0102】次に、本実施例における長期予測部を、図2を用いて説明する。図2は、図1の160-2の長期予測回路の処理を詳細に示している。

【0103】まず、逆フィルタ回路300で、現サブフレームの聴感重み付け信号ベクトル $x$ の逆フィルタ信号になる残差信号を求める。

【0104】次に、インパルス応答算出回路380で合成フィルタ $H$ のインパルス応答を算出する。

【0105】次に、逆方向フィルタリング回路390

で、逆方向フィルタリング信号 $H^T \cdot x$ を算出する。

【0106】遅延試行回路310で整数値を取る遅延符号を試行させ、各遅延符号毎に、遅延ベクトル生成回路320、Kleijn法による自己相関算出回路410、相互相関算出回路350-2の演算処理を行う。

【0107】遅延ベクトル生成回路320で、遅延試行回路310で設定された遅延符号 $d$ に対応する遅延残差ベクトル $r^d$ を求める。 $r^d$ は上式(8)にしたがって求める。

【0108】次に、自己相関算出回路410で、自己相関、

$$G_d = \langle H \cdot r^d, H \cdot r^d \rangle$$

を上式(12)に従い、Kleijn法により逐次的に求める。

【0109】次に、相互相関算出回路350-2で、相互相関 $C_d$ を上式(11)の第2項により求める。

【0110】上記遅延ベクトル生成回路320、自己相関算出回路410、相互相関算出回路350-2の処理を1フレーム中の全サブフレームに対し行う。

【0111】遅延試行回路310による処理ループで算出された、各サブフレームの各整数遅延符号に対応する相関を用いて、ピッチパス推定回路360で、ピッチを表す遅延値が滑らかに変化するピッチパスを求める。ピッチパスの推定法としては、上記文献3等に記載される従来の方法を用いる。

【0112】この方法では先ず、全整数点遅延の距離または相関値を補間または多相フィルタリングし、小数点遅延の距離または相関値を求める。多相フィルタリングについては、上記文献2記載の方法が用いられる。

【0113】次に、整数点遅延で、最も予測効率の高かったサブフレームとして決定し、最適サブフレームで、 $M$ 個( $M$ は例えば6個)の候補を評価尺度 $D(C_d^2/G_d)$ 相関により求める。

【0114】求められた最適サブフレームの $M$ 個の候補に対し、1つ前および1つ後のサブフレームで、遅延の変化が一定範囲内に収まるように拘束された遅延値の範囲内で最も評価尺度 $D(C_d^2/G_d)$ が大きくなる遅延符号を求める。

【0115】この手順で1フレーム内にわたる $M$ 本のピッチパスを求める。 $M$ 本のピッチパスの中で、全サブフレームの評価尺度 $D(C_d^2/G_d)$ の総和が最も大きくなるパスを最適ピッチパスとして決定し、最適ピッチパスにおける、各サブフレームの遅延符号を最適遅延符号に決定する。

【0116】

【実施例2】図1及び図3を参照して、本発明の第2の実施例を説明する。本実施例において、全体の構成は前記実施例1と同様、図1に示す構成とされる。

【0117】図3は、本実施例において、図1の長期予測回路160-2の構成を示す図である。

【0118】最初に各構成モジュールを説明する。

【0119】適応コードブック探索回路370は、各サブフレーム毎にピッチバス推定回路で決定されたピッチバスに対応する遅延符号の近傍符号のみを用いて、適応コードブック探索を従来のクロズドループ処理で行う回路である。その他の部分は前記第1の実施例と同じである。

【0120】第2の実施例の処理の流れを説明する。まず図1を参照して、符号化処理(a)では、入力ポート100より、音声信号が入力されバッファ110に保存される。バッファ110に蓄えられた一定サンプルの音声信号を用いて音声分析回路120で短期予測分析され、音声信号のスペクトル特性を表すLPC係数を算出する。LPC分析により求められたスペクトルパラメータは、パラメータ量子化回路130で量子化され、LPC係数の量子化符号がマルチプレクサ210に送られると共に、逆量子化され以後の符号化処理に用いられる。

【0121】バッファ110に蓄えられた音声信号は、量子化/逆量子化されたLPC係数を用いて重み付け回路140で聴感上の重み付けが為され、以降のコードブック探索に用いられる。

【0122】適応コードブック150、音源コードブック170、及びゲインコードブック190でコードブック探索が行なわれる。

【0123】まず、最初に長期予測回路160-2で長期予測を行い、ピッチ相関を表す最適遅延符号を決定し、その符号(遅延符号)をマルチプレクサ210に転送するとともに、適応コードベクトルの生成を行なう。

【0124】次に、求められた適応コードベクトルの影響を減算後、音源探索回路180で音源コードブック探索を行い、音源の量子化符号を決定し、音源コードベクトルを生成すると共に、音源の量子化符号をマルチプレクサ210に転送する。

【0125】適応コードベクトルと音源コードベクトルが求められた後、ゲイン探索回路200で2つの音源のゲインを算出し、その符号をマルチプレクサ210に転送する。マルチプレクサ210では、各コードを組み合わせて伝送コードに変換し、出力する。

【0126】図1を参照して、復号化処理(b)では、デマルチプレクサ220で、入力された伝送符号を各符号に分解する。LPC係数を表す符号よりフィルタ係数をデコードし、合成フィルタ230に転送する。遅延符号より適応コードブック150を用いて適応コードベクトルを生成する。音源の量子化符号より音源コードブック170を用いて音源コードベクトルを生成する。

【0127】ゲインコードより適応コードベクトルと音源コードベクトルのゲインを算出し、各音源にゲイン項を掛け合わせて合成フィルタ230の入力信号を生成する。最後に、入力信号を用いて合成フィルタ230で音声信号の合成を行なう。

【0128】次に、第2の実施例における長期予測部

を、図3を参照して説明する。図3は、本実施例に係る長期予測回路160-2の処理を詳細に示したものである。

【0129】まず、逆フィルタ回路300で現サブフレームの聴感重み付け信号ベクトル $x$ の逆フィルタ信号になる残差信号を求める。

【0130】インパルス応答算出回路380で、合成フィルタ $H$ のインパルス応答を算出する。

【0131】逆方向フィルタリング回路390で、逆方向フィルタリング信号 $H^T \cdot x$ を算出する。

【0132】遅延試行回路310で、整数値を取る遅延符号を試行させ、各遅延符号毎に320、410、350-2の処理を行う。

【0133】遅延ベクトル生成回路320で、遅延試行回路310で設定された遅延符号 $d$ に対応する遅延残差ベクトル $r^d$ を求める。 $r^d$ は上式(8)にしたがって求める。

【0134】次に、自己相関算出回路410で、自己相関

$$G_d = \langle H \cdot r^d, H \cdot r^d \rangle$$

を上式(12)に従い、Kleijn法により逐次的に求める。

【0135】次に、相互相関算出回路350-2で、相互相関 $C_d$ を上式(11)の第2項により求める。

【0136】そして、遅延ベクトル生成回路320、自己相関算出回路410、相互相関算出回路350-2の処理を1フレーム中の全サブフレームに対して行う。

【0137】遅延試行回路310による処理ループで算出された、各サブフレームの各整数遅延符号に対応する相関を用いて、ピッチバス推定回路360で、ピッチを表す遅延値が滑らかに変化するピッチバスを求める。なおピッチバスの推定法については、上記文献3に記載される従来の方法を用いる。

【0138】この方法ではまず、全整数点遅延の距離または相関値を補間または多相フィルタリングし、小数点遅延の距離または相関値を求める。多相フィルタリングについては上記文献2の方法を用いる。

【0139】次に、整数点遅延で、最も予測効率の高かったサブフレームとして決定し、最適サブフレームで、 $M$ 個( $M$ は例えば6個)の候補を評価尺度 $D = C_d^2 / G_d$ により求める。

【0140】求められた最適サブフレームの $M$ 個の候補に対し、1つ前および1つ後のサブフレームで、遅延の変化が一定範囲内に収まるように拘束された遅延値の範囲内で、最も評価尺度 $D$ が大きくなる遅延符号を求める。

【0141】この手順で1フレーム内にわたる $M$ 本のピッチバスを求める。 $M$ 本のピッチバスの中で、全サブフレームの評価尺度 $D$ の総和が最も大きくなるバスを最適

ピッチパスとして決定する。

【0142】最後に、各サブフレーム毎に適応コードブック探索回路370で、推定された最適ピッチパスにおける、各サブフレームの遅延符号の近傍のみを用いて、過去の音源信号である適応コードブック150を用いて最適遅延を決定する。

【0143】本発明の実施例によれば、クローズドループピッチパス推定の自己相関算出法において、Kleijnの逐次アルゴリズムを適用するために、音源に繰り返しの残差を用い、整数点遅延に限定することにより、従来の、 $N_{im}=21$ とした自己相関近似法に比べて、図5に示すような作用効果が得られた。Kleijn法は、近似解でなく等価解であるため、演算量が約11MOPS (Mega Operation PerSecond) に低減しても、性能は同じである。これにより、低演算量で性能の高いピッチ推定が実現できる。

【0144】なお、上記実施例では、聴感重み付け信号xを用いて説明したが、音声信号でも、音声信号のピッチ強調信号でも同様な効果が得られる。

【0145】また、上記実施例では、ピッチパスをM個求めた後で、1個に絞り、クローズドループ適応コードブック探索を行う方法を用いたが、M個のパス全てを用いてクローズドループ適応コードブック探索を行っても、同様の効果が得られる。

【0146】また、上記実施例では、1フレームでピッチパスを求めていたが、複数のフレームでピッチパスを求めても同様の効果が得られる。

【0147】また、上記実施例では、最適遅延符号を1個に絞っているが、複数候補求めて、次のステップ(音源探索やゲイン探索)で本選択を行っても、以後のコードブック探索で同時最適探索を行っても同様の効果が得られる。

【0148】さらに、上記実施例では、音源探索に音源コードブック探索を用いたが、マルチパルスや残差の波形符号化のような音源信号の量子化法を用いても同様の効果が得られる。

【0149】さらにまた、上記実施例では、音源コードブックを具体的に規定していないが、雑音コードブックでも、ベクトル量子化(VQ)アルゴリズムにより学習された学習コードブックでも同様の効果が得られる。前者は上記文献1が参照できる。また、後者については、特願平2-22955号や特願平2-22956号等を参照できる。

【0150】また、上記実施例では、音声分析回路にLPC分析を用いて説明を行ったが、スペクトルパラメータを抽出するBURG法等の他の分析法においても同様の効果が得られる。

【0151】また、上記実施例では、LPC係数を用いて説明したが、PARCOR係数やLSP係数のような他のスペクトルパラメータでも同様な効果が得られるこ

とは明白である。また、上記実施例では音源コードブック探索回路を1段構成にしたが、多段構成にしても同様の効果が得られることも明白である。

【0152】このように、本発明は、上記実施例にのみ限定されるものでなく、本発明の原理に準ずる各種形態・変形を含むことは勿論である。

#### 【0153】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、クローズドループピッチパス推定の自己相関算出法において、Kleijnの逐次アルゴリズムを適用するために、音源に繰り返しの残差を用い、整数点遅延に限定することにより、従来の $N_{im}=21$ の自己相関近似法に比べて、図5に示される効果が得られた。Kleijn法は近似解でなく等価解であるため、演算量が約11MOPS低減しても、性能は同じである。このように、本発明によれば、低演算量で性能の高いピッチ推定が実現できるという効果を奏する。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例の音声符号化処理システムの全体の構成を示す図であり、(a)は符号化処理を、(b)は復号化処理を示している。

【図2】本発明の一実施例の長期予測回路の構成を示す図である。

【図3】本発明の別の実施例の長期予測回路の構成を示す図である。

【図4】本発明の実施例の作用効果の一例を示す図である。

【図5】従来の音声符号化処理システムの全体構成を示す図である。(a)は符号化処理を、(b)は復号化処理を表す。

【図6】ピッチパス推定をフィルタリング処理で行う長期予測の従来方式の構成を示す図である。

【図7】ピッチパス推定を自己相関近似、逆方法フィルタリングで行う長期予測の従来方式の構成を示す図である。

#### 【符号の説明】

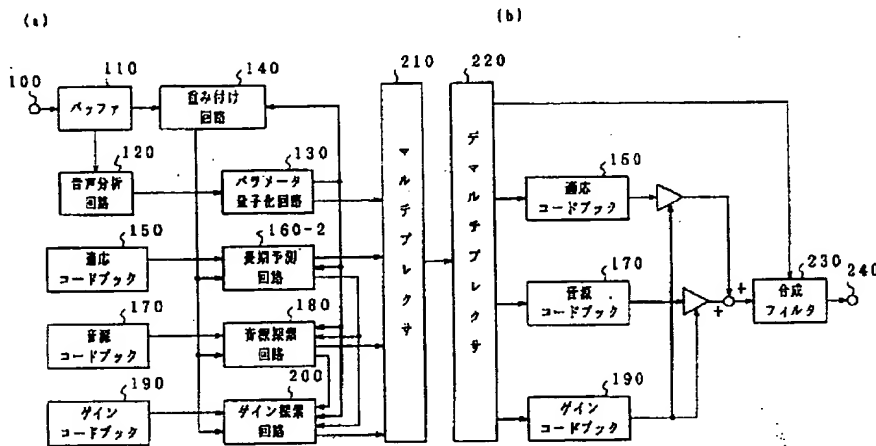
- 100 音声入力ポート
- 110 バッファ
- 120 音声分析回路
- 130 パラメータ量子化回路
- 140 重み付け回路
- 150 適応コードブック
- 160-1、160-2 長期予測回路
- 170 音源コードブック
- 180 音源探索回路
- 190 ゲインコードブック
- 200 ゲイン探索回路
- 210 マルチプレクサ
- 220 デマルチプレクサ
- 230 合成フィルタ

240 音声出力端子  
300 逆フィルタ回路  
310 遅延試行回路  
320 遅延ベクトル生成回路  
330 フィルタリング回路  
340 自己相関算出回路  
350-1、350-2 相互相関算出回路

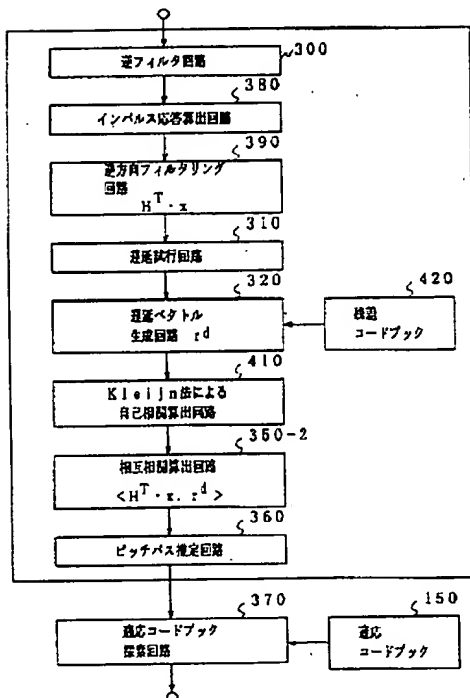
360 ピッチパス推定回路  
370 適応コードブック探索回路  
380 インパルス応答算出回路  
390 逆方向フィルタリング回路  
400 自己相関近似法による自己相関算出回路  
410 Kleijn法による自己相関算出回路  
420 残差コードブック

【図1】

【図2】



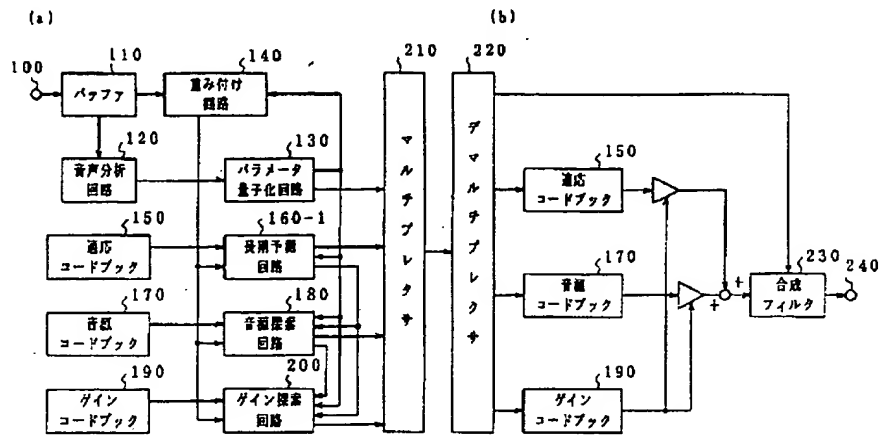
【図3】



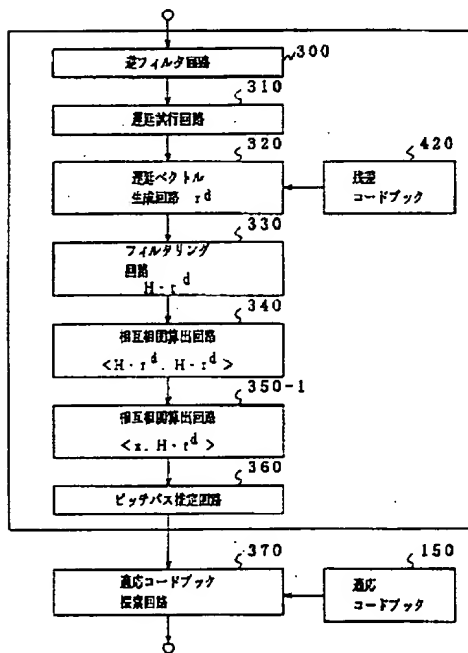
【図4】

|                 | 演算量 (MOPS)  | 性能 (SNR) |
|-----------------|-------------|----------|
| Kleijnの逐次アルゴリズム | 0.6 [MOPS]  | 11.01    |
| 21次自己相関近似法      | 11.7 [MOPS] | 11.01    |

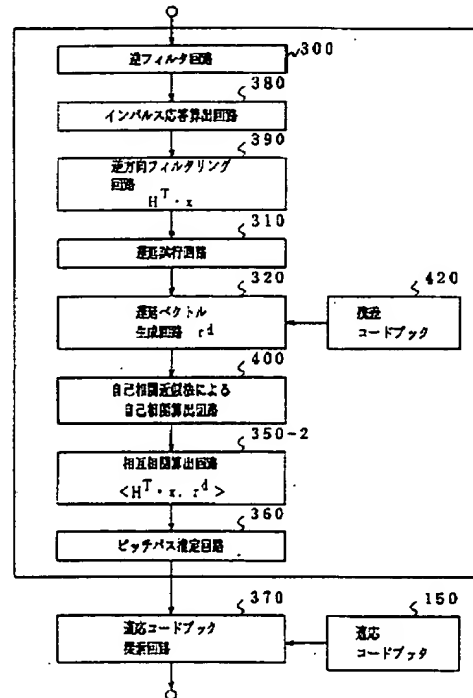
【図5】



【図6】



【図7】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**